

Docket No.: WEN-0024
(PATENT)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:
Satoshi Imaizumi

Application No.: Not Yet Assigned

Filed: October 21, 2003

Art Unit: N/A

For: APPARATUS FOR ABLATION WITH A
LASER BEAM

Examiner: Not Yet Assigned

CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS

MS Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

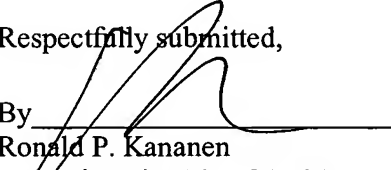
Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Japan	P2002-310261	10/24/02

In support of this claim, a certified copy of the said original foreign applications are filed herewith.

Dated: October 21, 2003

Respectfully submitted,

By 
Ronald P. Kananen
Registration No.: 24,104
(202) 955-3750
Attorneys for Applicant

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年10月24日
Date of Application:

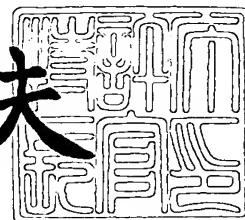
出願番号 特願2002-310261
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2002-310261]

出願人 株式会社ニデック
Applicant(s):

2003年 9月 3日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 P40210102

【提出日】 平成14年10月24日

【あて先】 特許庁長官殿

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4 株式会社ニデック拾石工場内

 【氏名】 今泉 智

【特許出願人】

 【識別番号】 000135184

 【住所又は居所】 愛知県蒲郡市栄町 7 番 9 号

 【氏名又は名称】 株式会社ニデック

 【代表者】 小澤 秀雄

 【電話番号】 0533-67-6611

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 056535

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザビームによるアブレーション装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 対象物にアブレーションを引き起こすレーザビームを発振するレーザ光源と、該レーザ光源からのレーザビームを対象物の照射面に導光して照射する照射光学系を備えるアブレーション装置において、前記照射光学系は、レーザビームを制限するアパーチャと、該アパーチャを通過したレーザビームを一旦集光させた後にデフォーカス位置の照射面上に導く凸レンズと、該凸レンズよりレーザ光源側に配置され、前記アパーチャを通過する際に起こる回折によるレーザビームの強度分布を凸型の強度分布に補正する非球面光学素子とを有し、前記非球面光学素子の非球面形状は光軸から周辺部に行くほど、局所的な面の曲率半径が小さくなる曲面形状であることを特徴とするアブレーション装置。

【請求項 2】 請求項 1 のアブレーション装置において、前記凸レンズの焦点距離 f は $50 \sim 500$ mm であり、前記非球面光学素子の非球面形状を次の指数関数の式、

$$Z = -\exp[a \times Y^5] + 1$$

で表現するとき（ Y は光軸からの距離 mm、 Z はサグ量 μ m）、指数関数係数 a が、

$$0.00006 \times \exp[-0.0009 \times f] \leq a \leq 0.0005 \times \exp[0.0002 \times f]$$

であることを特徴とするアブレーション装置。

【請求項 3】 請求項 2 のアブレーション装置において、さらに前記アパーチャの有効径 ϕ mm は、

$$0.4256 \times a^{-0.185} \leq \phi \leq 1.128 \times a^{-0.1508}$$

であることを特徴とするアブレーション装置。

【請求項 4】 請求項 3 のアブレーション装置において、さらに前記凸レンズの焦点から照射面までのデフォーカス量 L (mm) は、

$$0.8 \times (f / \phi) \leq L \leq 2.0 \times (f / \phi)$$

であることを特徴とするアブレーション装置。

【請求項5】 請求項2のアブレーション装置において、前記非球面光学素子から凸レンズまでの距離 d は、

$$3.2448 \times f - 274.51 \leq d \leq 4.1520 \times f - 40.647$$

であることを特徴とするアブレーション装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レーザビームにより眼の組織等の対象物をアブレーションするアブレーション装置に関する。

【0002】

【従来技術】

角膜組織にエキシマレーザビームを照射し、角膜組織をアブレーション（切除）することによって眼の屈折異常や、角膜表面の病変部を除去する装置が知られている。角膜を所期する形状にアブレーションする方法としては、角膜上で1mm程の小スポットのレーザビームを二次元的に移動する方法がある。このとき、照射面でのスポットビームの強度分布を凸型にし、適切な比で重ね合わせて照射すると、切除面を滑らかにアブレーションできる。

【0003】

ところで、小スポットのレーザビームを作るために、径の小さなアパーチャにレーザビームを入射させると、アパーチャの回折の影響が大きくなり、照射面上でのレーザビームの強度分布は凹型になる。アパーチャによる回折成分を低減させる従来技術としては、アポダイゼーションフィルタ（有効径内の中心部で透過率が高く、周辺に行くほど透過率が下がる濃度分布フィルタ）を使用する方法がある。しかし、アパーチャの有効径が3mmといような小さい場合は、濃度分布の膜構成が難しい問題がある。また、角膜アブレーションのようにレーザ出力が100mJ以上の高出力を必要とする場合にはコート膜の耐久性に問題がある。

そこで、本出願人は、照射光学系に小径のアパーチャと共に非球面形状を持つ光学素子を配置した角膜手術装置を提案している（特許文献1参照）。

【0004】

【特許文献 1】

特開平 2 0 0 2 - 1 2 5 9 9 6 号公報（第 3 頁、第 3 ～ 4 図）

【0 0 0 5】**【発明が解決しようとする課題】**

上記の引用文献 1 に示したように、非球面形状を持つ光学素子を使用することにより、小径のアパーチャによる回折成分を低減し、照射面上で凸型の強度分布を持つレーザビームを得られることが分かった。しかし、アパーチャの径や、照射面とアパーチャとの間に配置される凸レンズの関係を考慮し、凸型の強度分布が得られる非球面の曲面形状を決定するには困難性があった。

【0 0 0 6】

本発明は、上記問題点を解決し、レーザビームの好ましい凸型の強度分布を得ることができるアブレーション装置を提供することを技術課題とする。

【0 0 0 7】**【課題を解決するための手段】**

上記課題を解決するために、本発明は以下のような構成を備えることを特徴とする。

【0 0 0 8】

(1) 対象物にアブレーションを引き起こすレーザビームを発振するレーザ光源と、該レーザ光源からのレーザビームを対象物の照射面に導光して照射する照射光学系を備えるアブレーション装置において、前記照射光学系は、レーザビームを制限するアパーチャと、該アパーチャを通過したレーザビームを一旦集光させた後にデフォーカス位置の照射面上に導く凸レンズと、該凸レンズよりレーザ光源側に配置され、前記アパーチャを通過する際に起こる回折によるレーザビームの強度分布を凸型の強度分布に補正する非球面光学素子とを有し、前記非球面光学素子の非球面形状は光軸から周辺部に行くほど、局所的な面の曲率半径が小さくなる曲面形状であることを特徴とする。

(2) (1) のアブレーション装置において、前記凸レンズの焦点距離 f は 5 0 ～ 5 0 0 mm であり、前記非球面光学素子の非球面形状を次の指数関数の式、

$$Z = -\exp[a \times Y^5] + 1$$

で表現するとき（Yは光軸からの距離mm、Zはサグ量 μm ）、指数関数係数aが、

$$0.00006 \times \exp[-0.0009 \times f] \leq a \leq 0.0005 \times \exp[0.0002 \times f]$$

であることを特徴とする。

(3) (2)のアブレーション装置において、さらに前記アパーチャの有効径 ϕmm は、

$$0.4256 \times a^{-0.185} \leq \phi \leq 1.128 \times a^{-0.1508}$$

であることを特徴とする。

(4) (3)のアブレーション装置において、さらに前記凸レンズの焦点から照射面までのデフォーカス量L(mm)は、

$$0.8 \times (f / \phi) \leq L \leq 2.0 \times (f / \phi)$$

であることを特徴とする。

(5) (2)のアブレーション装置において、前記非球面光学素子から凸レンズまでの距離dは、

$$3.2448 \times f - 274.51 \leq d \leq 4.1520 \times f - 40.647$$

であることを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図5は、本発明に係るアブレーション装置の照射光学系の概略図である。

【0010】

201はレーザ光源からのレーザビーム、203は非球面光学素子、205は小アパーチャ、207は凸レンズ、209は照射面である。アブレーションを引き起こすレーザビームとしては、波長193nmのエキシマレーザが好適に使用できる。非球面光学素子203に入射するレーザビーム201は、均一化手段により強度分布が均一化されているものとする。非球面光学素子203は、レーザ光源側が平面で、照射面側が非球面形状の曲面を持つ。その非球面形状は、光軸

(アパーチャの開口中心) から周辺に行くにしたがって、面の曲率半径が小さくなる曲面である。非球面光学素子 2 0 3 の材質は、合成熔融石英が好適に使用できる。図 5 では、非球面光学素子 2 0 3 を小アパーチャ 2 0 5 に対してレーザ光源側に配置しているが、照射面 2 0 9 側に配置しても良い。また、非球面光学素子 2 0 3 は小アパーチャ 2 0 5 の近傍に配置することが好ましい。

【0 0 1 1】

非球面光学素子 2 0 3 及びアパーチャ 2 0 5 を通過したレーザビームは、凸レンズ 2 0 7 により一旦集光した後、照射面 2 0 9 に照射される。照射面 2 0 9 でのレーザビームは、非球面光学素子 2 0 3 が持つ曲面形状により、周辺部の光線間隔が広げられる。

【0 0 1 2】

ここで、非球面光学素子 2 0 3 が無い場合を見てみると、光線間隔の配置は等間隔になり (図 6 参照)、小アパーチャ 2 0 5 の回折の影響により、照射面 2 0 9 での強度分布は凹形状 2 1 3 になる。これに対して、非球面光学素子 2 0 3 を配置した場合は、周辺部の光線間隔が広げられることにより、強度分布は周辺にいくほど減じられる。したがって、周辺部の光線間隔を広げるべく、非球面光学素子 2 0 3 の曲面形状を定めることにより、凹型の強度分布 2 1 3 を凸型の強度分布 2 1 1 にすることができる。

【0 0 1 3】

非球面形状の曲面を定めるに当たって、一般には非球面多項式を使用するが、この式は設定パラメータが多すぎて煩雑な作業になる。光軸から周辺に行くほど、局所的な面の曲率が小さくなる非球面形状は、指数関数で表現できることに着目し、次の式 1 にて凸型の強度分布が得られることが分かった。なお、Y は光軸からの距離 (m)、Z はサグ量 (μ m) を表す。

$$Z = -\exp[a \times Y^5] + 1 \quad \dots \text{(式 1)}$$

図 8 ～ 1 2 は、上記式 1 を使って照射面上での強度分布をシュミレーションした結果を示す。シュミレーションに当たって、必要な条件は、小アパーチャ 2 0 5 の径 ϕ と、凸レンズ 2 0 7 の焦点距離 f と、非球面光学素子 2 0 3 から凸レンズ 2 0 7 までの距離 d と、凸レンズ 2 0 7 の焦点から照射面 2 0 9 までのデフォ

ーカス量 L と (図 7 参照)、上記式 1 の指数関数係数 a である。

【0014】

図 8 は、 $\phi = 3.2 \text{ mm}$ 、 $f = 50 \text{ mm}$ 、 $d = 40 \text{ mm}$ 、 $L = 15 \text{ mm}$ 、 $a = 0.00009$ を使用した結果である。図 9 は、 $\phi = 3.2 \text{ mm}$ 、 $f = 220 \text{ mm}$ 、 $d = 700 \text{ mm}$ 、 $L = 75 \text{ mm}$ 、 $a = 0.00012$ を使用した結果である。図 10 は、 $\phi = 3.2 \text{ mm}$ 、 $f = 500 \text{ mm}$ 、 $d = 1800 \text{ mm}$ 、 $L = 175 \text{ mm}$ 、 $a = 0.00009$ を使用した結果である。これら図 8～10 の例の場合、共に凸型の強度分布が得られていた。

【0015】

一方、図 11 は、 $a = 0.00002$ とし、他の条件は図 8 の条件と同じにした結果である。図 12 は、 $a = 0.0008$ とし、他の条件は図 8 の条件と同じにした結果である。図 11 の例の場合、強度端の成分が強くなり、小アパーチャによる回折の影響が残ったままである。図 12 の例の場合、強度端の成分が弱くなりすぎ、中央では急峻な成分が現われてきており、凸型の強度分布には適用できない。

【0016】

このように各条件をいろいろ変えて、照射面での強度分布をシュミレーションし、好ましい凸型の強度分布が得られる非球面光学素子 203 の曲面形状を確認した。なお、凸レンズの焦点距離 f の範囲は $50 \sim 500 \text{ mm}$ とし、眼の組織のアブレーションに使用するレーザスポットの幅は、照射面上で $0.5 \sim 2.0 \text{ mm}$ の幅 (強度の半値幅) を持つものとする。

【0017】

図 13 は、非球面形状を上記の指数関数式 1 で表したときの指数関数係数 a と焦点距離 f の関係を示し、 $f = 50 \sim 500 \text{ mm}$ に対して曲線①と②に囲まれた範囲が好ましい a である。曲線①と②は、それぞれ、

曲線①: $a = 0.0005 \times \exp [0.0002 \times f]$

曲線②: $a = 0.00006 \times \exp [-0.0009 \times f]$

で表されている。すなわち、 a の範囲は、

$0.00006 \times \exp [-0.0009 \times f] \leq a \leq 0.0005 \times \exp [$

0. 0 0 0 2 × f]

である。

【0 0 1 8】

図 1 4 は、 $f = 50 \sim 500$ mm において、凸型の強度分布が得られる非球面形状を示す図である。この図の曲線①と②の領域内に収まる曲面（光軸から周辺に行くほど、面の曲率半径が小さくなる曲面）が、好ましい範囲である。図は断面を示しており、曲面形状は光軸を中心にした回転対称の形状である。この範囲の非球面形状の曲面を表現する方法として、先の例の指数関数式 1 を使うと、図 1 3 の結果から、指数関数係数 a は、

$$0. 0 0 0 0 4 \leq a \leq 0. 0 0 0 5 5$$

である。

【0 0 1 9】

また、この範囲の非球面形状の曲面を、次の式 2 の 1 0 次非球面多項式、
 $Z = A Y^4 + B Y^6 + C Y^8 + D Y^{10} \quad \dots$ (式 2)

にて表現する場合、各係数 A 、 B 、 C 、 D は次のようになる。

$$-2. 2 5 \times 10^{-5} \leq A \leq -3. 0 1 \times 10^{-4}$$

$$-2. 0 3 \times 10^{-5} \leq B \leq -2. 8 0 \times 10^{-4}$$

$$1. 8 7 \times 10^{-6} \leq C \leq 2. 5 8 \times 10^{-5}$$

$$-9. 7 2 \times 10^{-8} \leq D \leq -1. 4 9 \times 10^{-6}$$

なお、非球面形状の表現方法は、単に例示に過ぎず、各種の方法がある。例えば、正接（タンジェント）のべき乗関数で表す方法もある。

【0 0 2 0】

また、図 1 5 は、非球面形状の曲面を式 1 の指数関数で表したときの、アパーチャ径 ϕ の範囲を示した図である。指数関数係数 a に対して、アパーチャ径 ϕ は図の曲線①と②に囲まれた範囲が好ましい。曲線①と②は、それぞれ、

$$\text{曲線①: } \phi = 1. 1 2 8 \times a^{-0.1508}$$

$$\text{曲線②: } \phi = 0. 4 2 5 6 \times a^{-0.185}$$

で表される。すなわち、 ϕ の範囲は、

$$0. 4 2 5 6 \times a^{-0.185} \leq \phi \leq 1. 1 2 8 \times a^{-0.1508}$$

である。

【0021】

また、図15の範囲のアパーチャ径 ϕ 、凸レンズの焦点距離 $f = 50 \sim 500$ mmに対して、デフォーカス量 L は、

$$0.8 \times (f / \phi) \leq L \leq 2.0 \times (f / \phi)$$

であることが好ましい。

【0022】

図16は、凸レンズの焦点距離 $f = 50 \sim 500$ mmに対して、好ましい凸型の強度分布を得る上での距離 d （非球面光学素子203から凸レンズ207までの距離）の範囲を示した図である。距離 d は、図の曲線①と②に囲まれた範囲が好ましい。曲線①と②は、それぞれ、

$$\text{曲線①: } d = 4.1520 \times f - 40.647$$

$$\text{曲線②: } d = 3.2448 \times f - 274.51$$

である。

以上の ϕ 、 L 、 d についても、前述の式1を使用して照射面上での強度分布をシミュレーションした結果から導き出している。

【0023】

非球面光学素子203の非球面形状について、より好ましい例を説明する。図7において、 $\phi = 3.2$ mm、 $f = 220$ mm、 $d = 660$ mm、 $L = 78$ mmとし、また、照射面でのレーザースポットの幅が強度の半値幅で 1.0 mm ± 0.2 mmを満たす非球面形状は、次の通りであった。照射面上での強度分布をシミュレーションした結果、上記式1の指数関数式における係数 a は、

$$0.00006 \leq a \leq 0.00012$$

であった。特に好ましいのは、 $a = 0.00009$ のときである。非球面形状を形成するときは、この条件の指数関数を式2の10次の非球面多項式でフィッティングして求めて行くと、容易に非球面形状が製作できる。

【0024】

次に、本発明を角膜手術用レーザー装置に適用した実施形態を説明する。図1は、実施形態の装置における照射光学系及び制御系の概略構成図である。1はレー

ザ光源であり、本形態では 1 9 3 n m の波長を持つパルス波のエキシマレーザービームを出射する光源を使用している。エキシマレーザービームの代表的な形状は、図 2 に示すように、照射光軸 L に対して垂直な断面の形状が細長い矩形となっている。また、レーザービームの強度分布（エネルギー分布）は、断面の長手方向（X 軸方向）がほぼ均一な分布 F（W）で、それに垂直な方向（Y 軸方向）はガウシアン分布 F（H）となっている。なお、光源 1 から出射されたレーザービームは、必要があれば、エキスパンドレンズ等のビーム整形手段によって所期する矩形状に整えられる。

【 0 0 2 5 】

光源 1 から出射されたレーザービームは、平面ミラー 2 によって反射されて偏向され、さらに平面ミラー 3 によって反射されて偏向される。ミラー 3 はミラー移動装置 4 によって光軸 L 上を矢印 A 方向に移動され、レーザービームをガウシアン分布方向に平行移動させる。これにより、均一な深さのアブレーションを行うことができる（詳しくは特開平 4 - 2 4 2 6 4 4 号を参照されたい）。

【 0 0 2 6 】

イメージローテータ 5 は、イメージローテータ駆動装置 6 によって光軸 L を中心にして回転駆動され、ミラー 3 によって反射されたレーザービームを光軸 L 回りに回転させる。

【 0 0 2 7 】

円形アパーチャ板 7 は、角膜の切除領域を限定するために、円形アパーチャ板駆動装置 8 によって円形の開口領域（開口径）が変化される。また、スリットアパーチャ板 9 も、角膜の切除領域を限定するために、スリットアパーチャ板駆動装置 1 0 によって矩形のスリット開口領域（開口幅）が変化され、スリット開口の方向も光軸 L 回りに回転されて変化される。円形アパーチャ板 7 やスリットアパーチャ板 9 は、レンズ 1 5（先に説明した凸レンズ 2 0 7 に相当する）によって患者眼 E の角膜 E c 上に投影され、制限した領域が角膜 E c 上に結像して切除領域を限定する。

【 0 0 2 8 】

スリットアパーチャ板 9 とレンズ 1 5 との間には、分割アパーチャ板 1 1 が挿

脱可能に配置されている。分割アパーチャ板 11 は、シャッタ装置 13 との組合せにより、アブレーション領域を更に制限する。分割アパーチャ板 11 を角膜側から見ると、図 3 (a) に示すように、略同じ大きさ及び形状の円形小アパーチャ 110 が複数（本形態では 6 個）並んでいる。この小アパーチャ 110 が、先に説明した小アパーチャ 202 に相当する。本形態での小アパーチャ 110 の径は 3.2 mm としている。これら小アパーチャ 110 をシャッタ装置 13 の各シャッタ板 130 によって選択的に開閉することにより、選択的な照射も可能になる。

【0029】

各小アパーチャ 110 の光源 1 側には、図 3 (b) に示すように、小アパーチャ 110 を通過する際に起こる回折によるレーザビームの強度分布を補正するための非球面光学素子 111（先に説明した非球面光学素子 203 に相当する）が取り付けられている。非球面光学素子 111 の取付け位置は、好ましくは小アパーチャ 110 の近傍である。非球面光学素子 111 は、合成熔融石英からなり、レーザ光源 1 側が平面で角膜 E c 側が非球面形状である。図 3 (b) は図 3 (a) の S 方向から見た断面図である。

【0030】

分割アパーチャ板 11 は分割アパーチャ板移動装置 12 により、シャッタ装置 13 はシャッタ駆動・移動装置 14 により、光軸 L に垂直な X Y 方向に二次元的に移動可能となっている。また、シャッタ駆動・移動装置 14 は、シャッタ装置 13 の各シャッタ板 130 の開閉のための駆動制御も行う。シャッタ板 130 の開閉は、図のような回転による開閉の他、スライドさせて行うようにしてもよい。

【0031】

16 は 193 nm のエキシマレーザビームを反射して可視光及び赤外光を透過する特性を持つダイクロイックミラーである。レンズ 15 を経たレーザビームは、ダイクロイックミラー 16 によって反射されて偏向され、角膜 E c へ導光される。17 は双眼の顕微鏡を持つ観察光学系であり、ダイクロイックミラー 16 の上方に位置する（観察光学系 17 については、本発明と関係がないので説明は省

略する)。18aは赤外光を反射して可視光を透過する特性を持つダイクロイックミラー、18bは平面ミラー、19は患者眼Eの位置を検出する眼位置検出光学系である(眼位置検出光学系19については、詳しくは特開平9-149914号等を参照されたい)。

20は装置全体を制御する制御装置であり、光源1、移動装置4、駆動装置6、駆動装置8、駆動装置10、移動装置12、駆動・移動装置14等を制御する。21は角膜の切除データ等を入力するためのデータ入力装置である。

【0032】

以上のような構成を持つ装置における屈折矯正手術の際の動作について説明する。近視矯正の回転対称な球面成分を取り除くべく中央部を深くアブレーションする場合は、次のようにする。円形アパーチャ218によりレーザビームを制限し、平面ミラー213を順次移動してレーザビームをガウシアン分布方向に移動する。そして、レーザビームが1面を移動し終わる(1スキャンする)ごとに、イメージローテータ215の回転によりレーザビームの移動方向を変更し、円形アパーチャ218により制限された領域をアブレーションする。これを円形アパーチャ218の開口領域の大きさを順次変えるごとに行うことにより、角膜の中央部を深く、周辺部を浅くした球面成分のアブレーションが行える。線対称な柱面成分を取り除く場合は、円形アパーチャ218の代わりにスリットアパーチャ220で同様な制御を行う。

【0033】

また、非対称成分(不正乱視成分)を取り除くべく部分的なアブレーションをするときは、分割アパーチャ板11を使用する。分割アパーチャ板11を光路に配置し、分割アパーチャ板11が持つ小アパーチャ110の位置を制御すると共に、分割シャッタ265の駆動により小アパーチャ11を選択的に開放・遮蔽する。平面ミラー3の移動によりレーザビームをスキャンさせることにより、開放された小アパーチャ11を通過した小スポットのレーザビームのみが角膜Ec上に部分的に照射されるようになる。分割アパーチャ板11が持つ小アパーチャ110を光軸Lの垂直な平面で移動することにより、角膜Ecにおけるレーザビームの照射位置も移動する。

【0034】

図4は、小スポットのレーザ照射の重ね合わせを説明する図である。凸型の強度分布を持つレーザ照射により、切除される断面も凸型の形状になる。これを予め設定された比率でスポットのレーザ照射を重ね合わせることにより、滑らかな切除面となる。各位置での切除量は、照射時間や走査数によってコントロールできる。これにより、非対称成分の部分的なアブレーションができる。

【0035】

以上の実施形態の装置では、非対称成分の部分的なアブレーション時にのみに分割アパーチャ板11を使用したか、もちろん球面成分及び柱面成分のアブレーション時にも使用しても良い。また、小アパーチャ11を通過した小スポットのレーザビームの照射位置の移動は、分割アパーチャ板11を移動する代わりに、レンズ15を光軸に直交する平面内で移動することでも良い。あるいは、レンズ15を通過後のレーザビームをガルバノミラーを使用して走査する構成でも良い。

また、以上は角膜組織をアブレーションするレーザ装置を例にとって説明したが、強膜等の眼の組織をアブレーションする装置にも適用できる。

【0036】**【発明の効果】**

以上説明したように、本発明によれば、小アパーチャと組み合わせて使用する非球面光学素子の曲面形状を定め、照射面上で凸型の強度分布が得られるレーザビームを照射するアブレーション装置が実現できる。

【図面の簡単な説明】**【図1】**

本発明を角膜手術用レーザ装置に適用した実施形態における照射光学系及び制御系の概略構成図である。

【図2】

エキシマレーザビームの代表的な形状を示す図である。

【図3】

分割アパーチャ板及びシャッター装置の概略構成図である。

【図 4】

小スポットのレーザ照射の重ね合わせを説明する図である。

【図 5】

本発明に係るアブレーション装置の照射光学系の概略図である。

【図 6】

図 5 に対して非球面光学素子が無い場合の図である。

【図 7】

図 5 の照射光学系に ϕ 、 f 、 d 、 L を付した図である。

【図 8】

照射面上での強度分布をシュミレーションした結果を示す図である。

【図 9】

照射面上での強度分布をシュミレーションした結果を示す図である。

【図 1 0】

照射面上での強度分布をシュミレーションした結果を示す図である。

【図 1 1】

照射面上での強度分布をシュミレーションした結果を示す図である。

【図 1 2】

照射面上での強度分布をシュミレーションした結果を示す図である。

【図 1 3】

非球面形状を指数関数式 1 で表したときの a と f の関係を示す図である。

【図 1 4】

$f = 50 \sim 500 \text{ mm}$ において、凸型の強度分布が得られる非球面形状を示す図である。

【図 1 5】

非球面形状の曲面を式 1 の指数関数で表したときの、アパーチャ径 ϕ の範囲を示した図である。

【図 1 6】

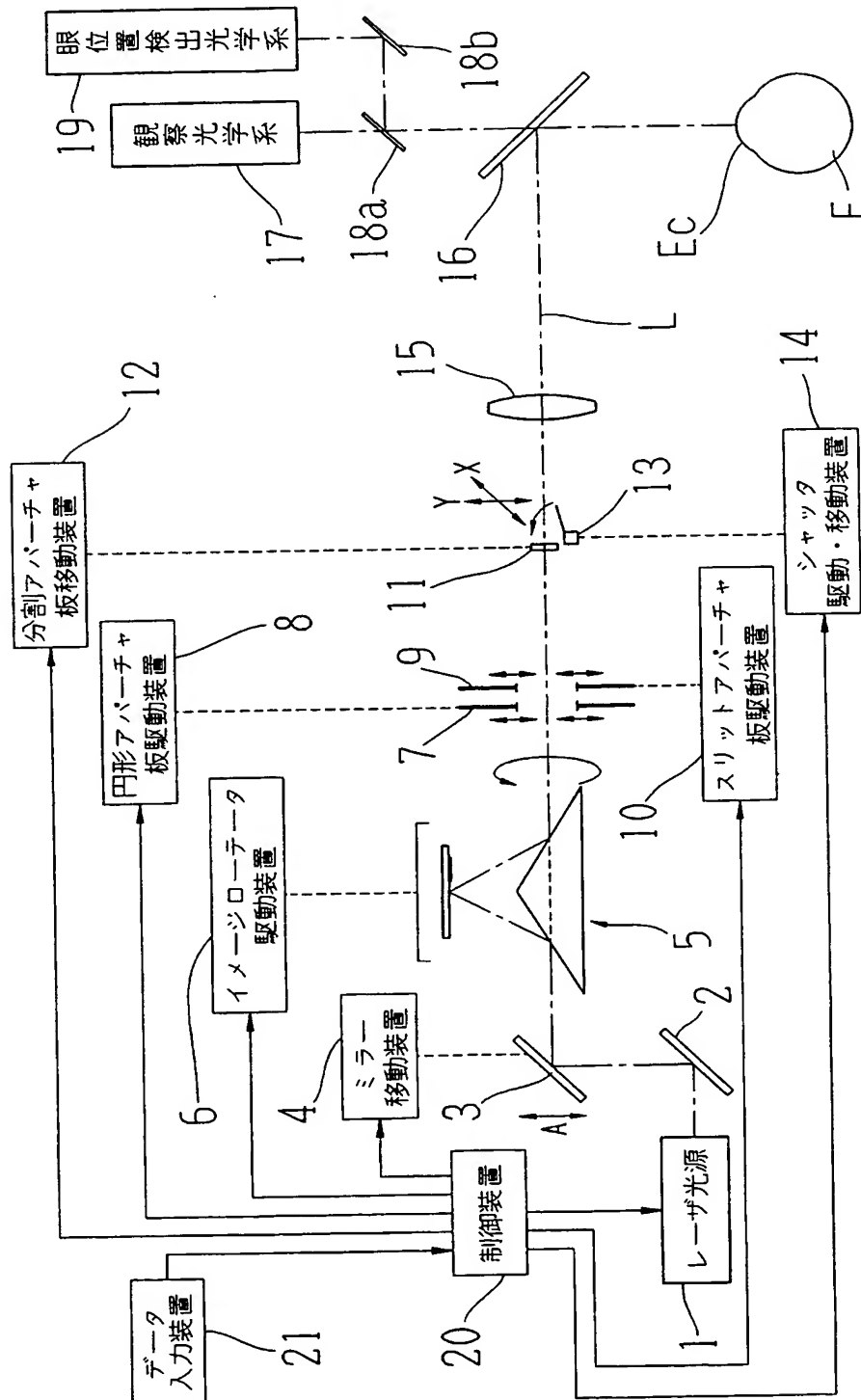
$f = 50 \sim 500 \text{ mm}$ に対して、好ましい凸型の強度分布を得る上での距離 d の範囲を示した図である。

【符号の説明】

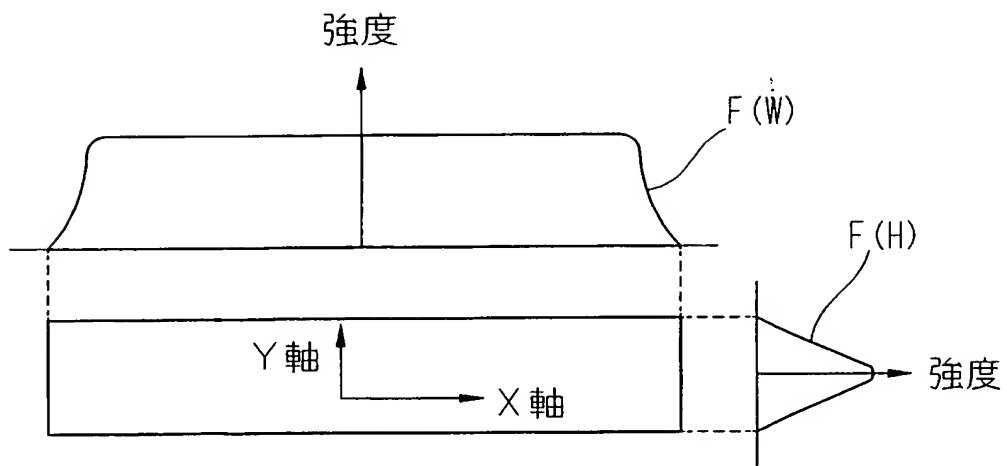
- 1 レーザ光源
- 1 5 レンズ
- 1 1 0 小アパーチャ 1 1 0
- 1 1 1 非球面光学素子
- 2 0 1 レーザビーム
- 2 0 3 非球面光学素子
- 2 0 5 小アパーチャ
- 2 0 7 凸レンズ
- 2 0 9 照射面

【書類名】 図面

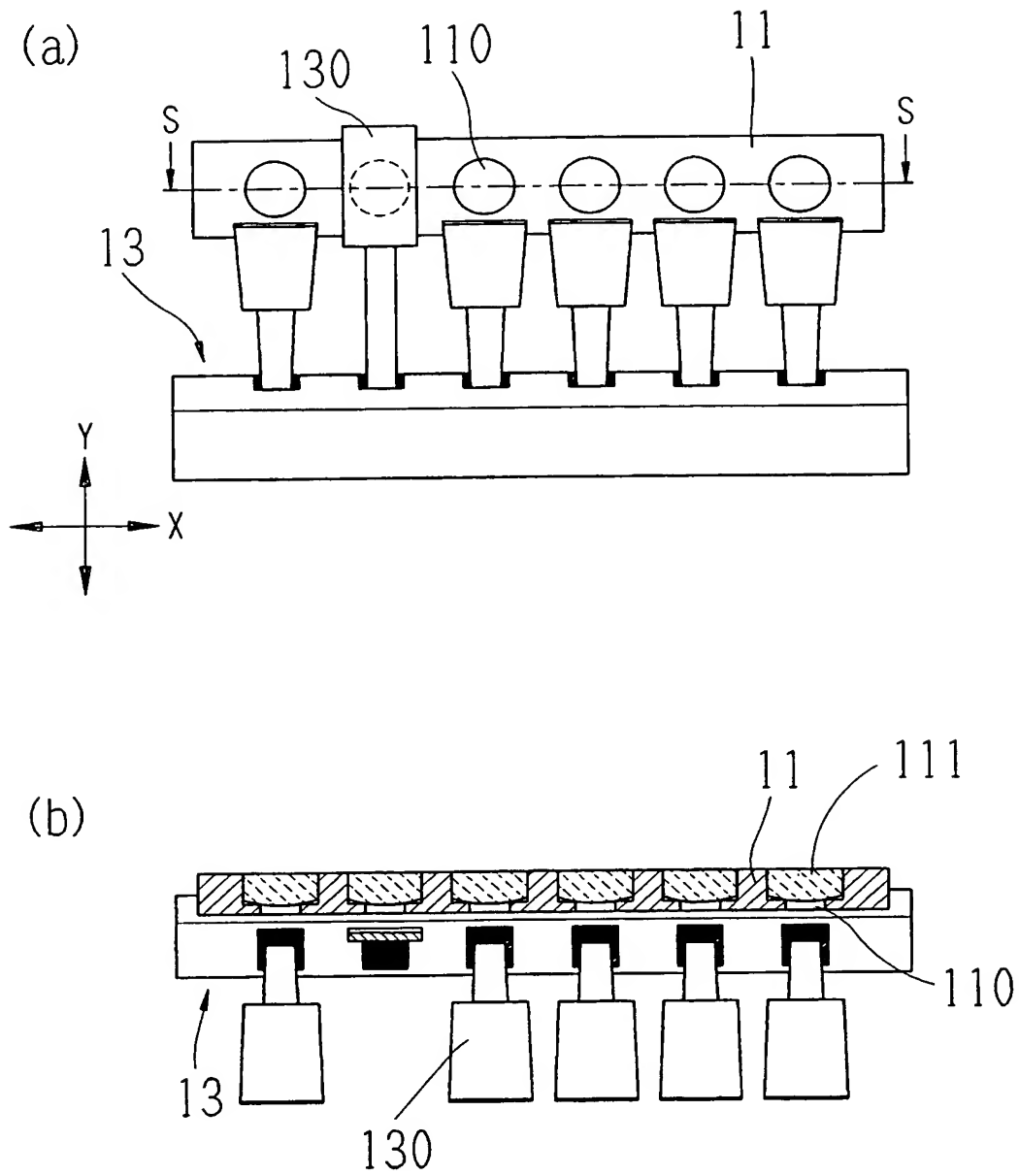
【図 1】



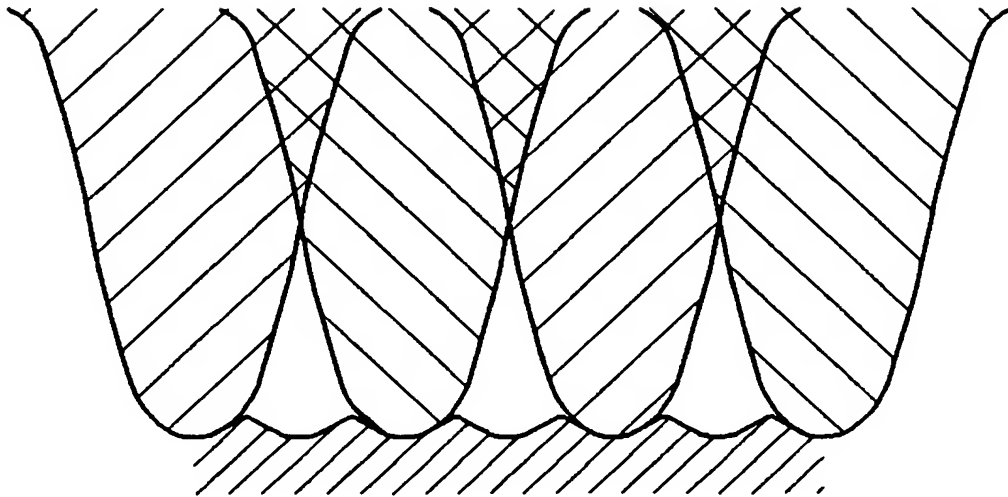
【図 2】



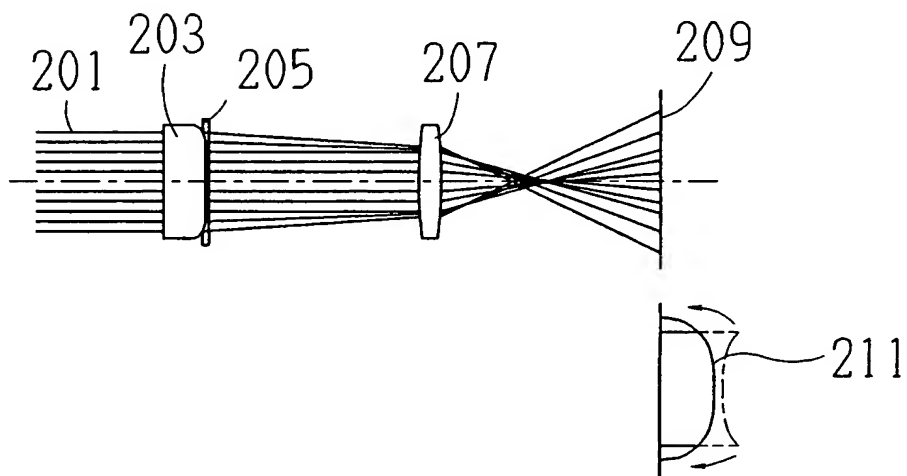
【図 3】



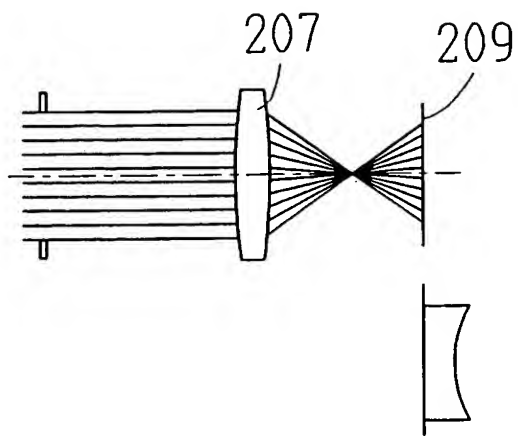
【図 4】



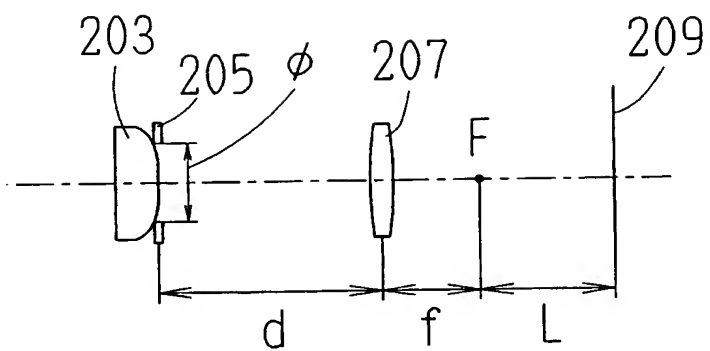
【図 5】



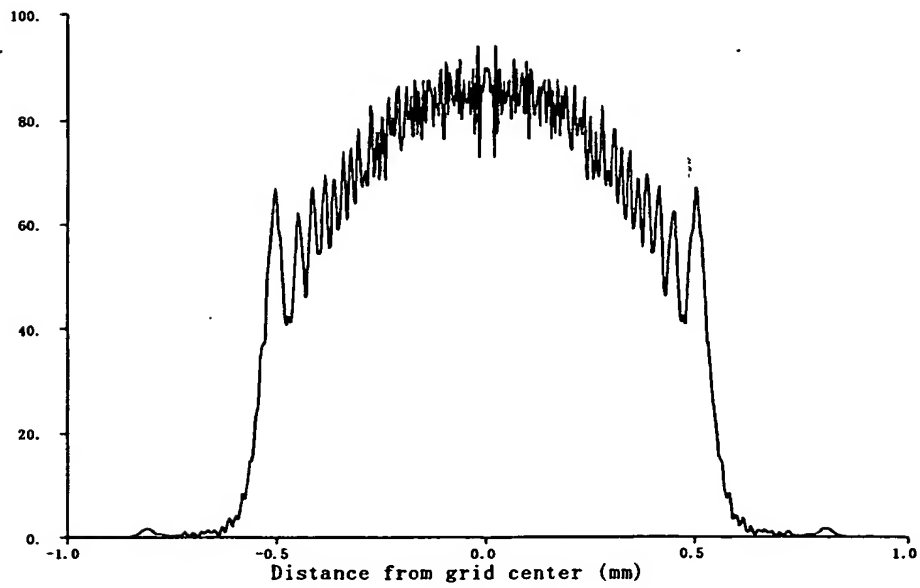
【図 6】



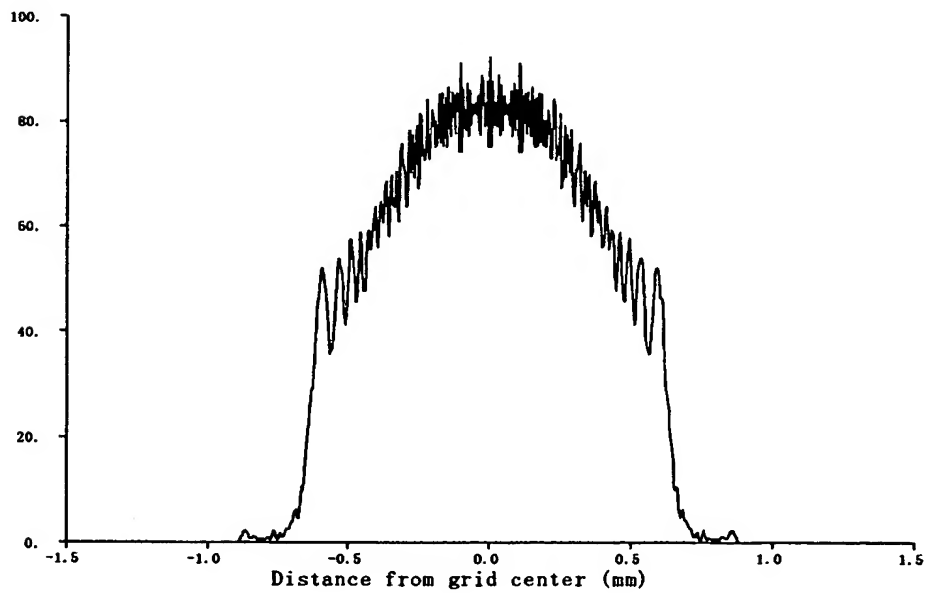
【図 7】



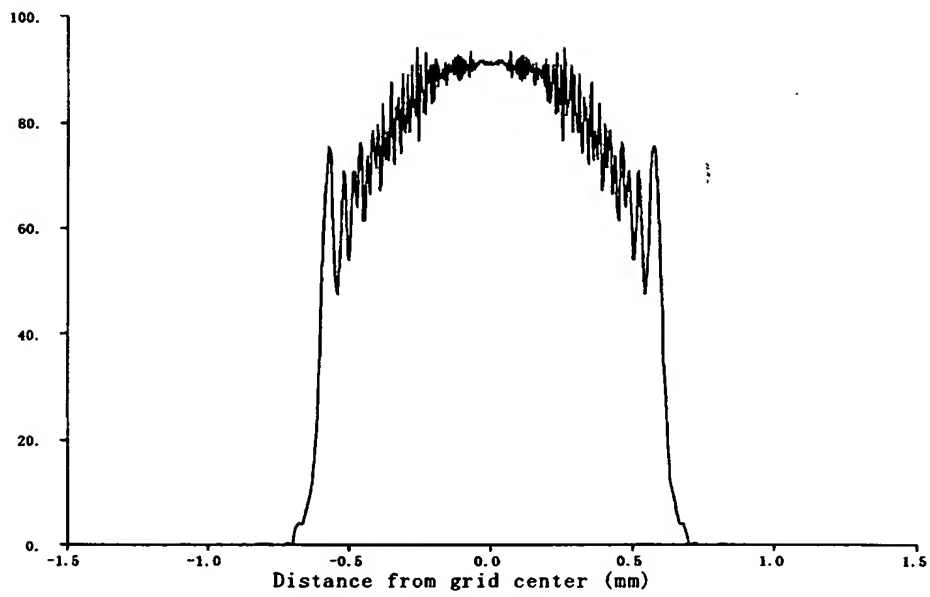
【図 8】



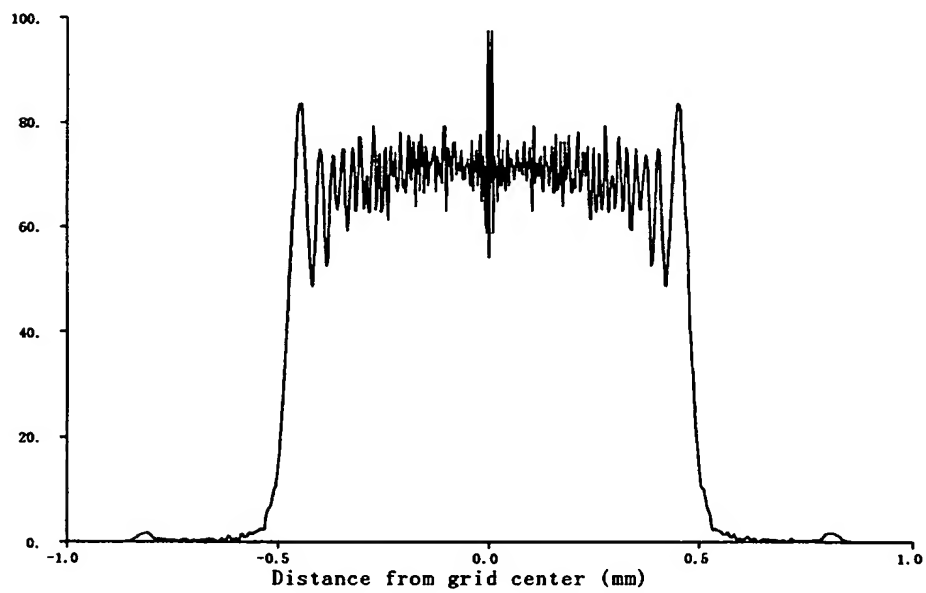
【図 9】



【図 10】



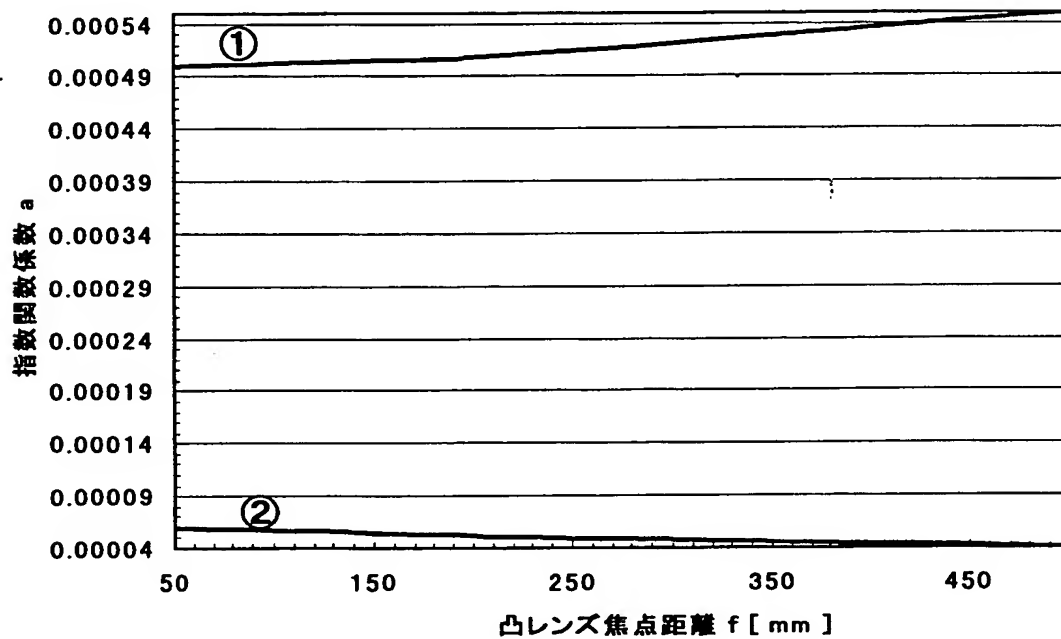
【図 11】



【図 1 2】



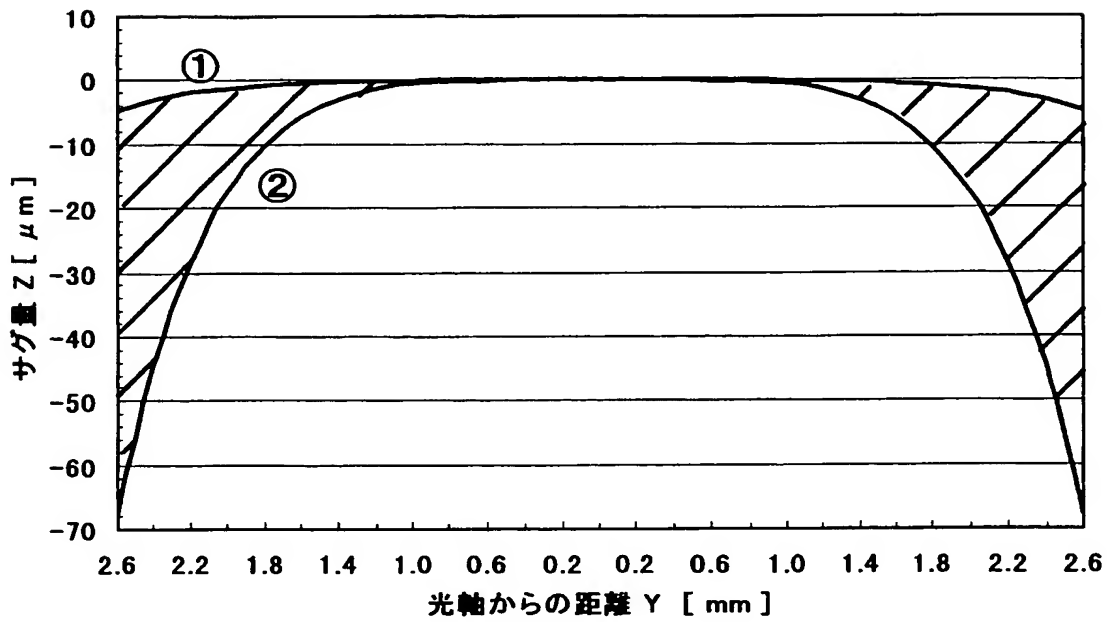
【図 1 3】



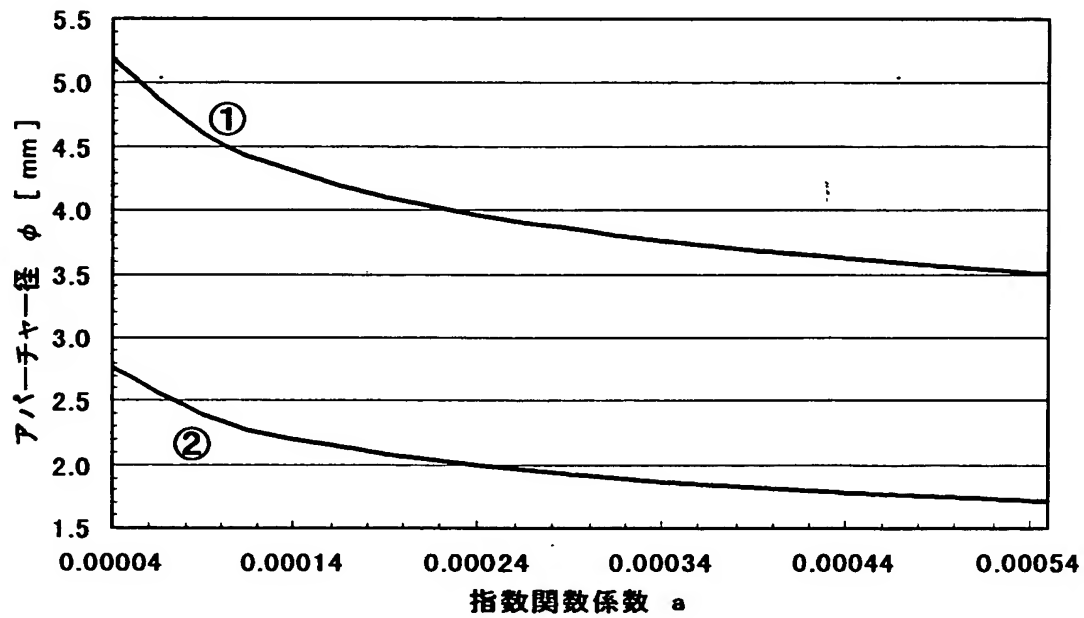
曲線① : $a = 0.0005 \times \exp[0.0002 \times f]$

曲線② : $a = 0.00006 \times \exp[-0.0009 \times f]$

【図 14】



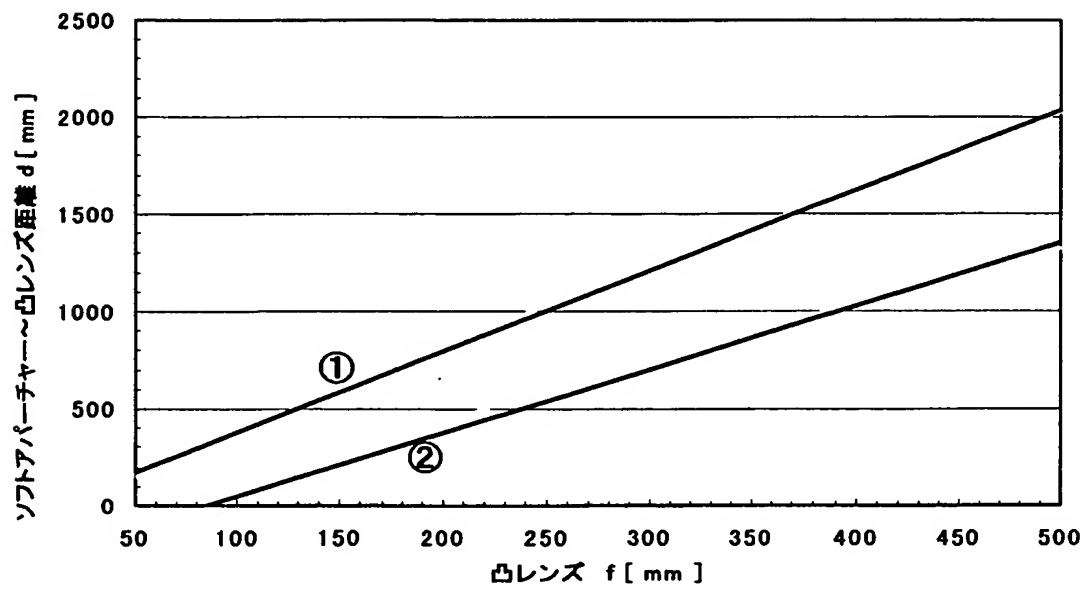
【図 15】



曲線① : $\phi = 1.128 \times a^{-0.1508}$

曲線② : $\phi = 0.4256 \times a^{-0.185}$

【図 1 6】



曲線① : $d = 4.1520 \times f - 40.647$

曲線② : $d = 3.2448 \times f - 274.51$

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レーザビームの好ましい凸型の強度分布を得ることができるアブレーション装置を提供する。

【解決手段】 レーザ光源からのレーザビームを対象物の照射面に導光して照射する照射光学系は、レーザビームを制限するアパーチャと、アパーチャを通過したレーザビームを一旦集光させた後にデフォーカス位置の照射面上に導く凸レンズと、凸レンズよりレーザ光源側に配置され、アパーチャを通過する際に起こる回折によるレーザビームの強度分布を凸型の強度分布に補正する非球面光学素子とを有し、非球面光学素子の非球面形状は光軸から周辺部に行くほど、局所的な面の曲率半径が小さくなる曲面形状である。

【選択図】 図 5

特願 2 0 0 2 - 3 1 0 2 6 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 3 5 1 8 4]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県蒲郡市栄町 7 番 9 号

氏 名

株式会社ニデック